



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

## Испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић, Фебруарски испитни рок, одржан 10. 3. 2004.

1. Код волтметарске методе за мерење температуре помоћу термопарова мора се водити рачуна о две појаве које могу довести до систематске грешке у мерењу. Прво, волтметар је изабјарен директно по температури, уз претпоставку да је температура његових прикључака  $20^{\circ}\text{C}$ . Како се приближно може кориговати температура коју показује волтметар, ако нису на располагању таблице термопара? Шта овај поступак чини прихватљивим, односно због чега грешка има прихватљиво малу вредност? Друго, какву грешку може да произведе коначна вредност улазне отпорности волтметра и како се решава тај проблем?

2. У индустрији хране раствор соли се загрева од температуре  $-12^{\circ}\text{C}$  до  $-7^{\circ}\text{C}$  и то у размењивачу топлоте који чини двострука цев. Кроз унутрашњу цев протиче топла вода, а кроз спољашњу раствор соли. За спољашњу цев се може сматрати да је идеално топлотна изолована од околине. Температура воде на уласку у цев износи  $32^{\circ}\text{C}$ , а на изласку  $21^{\circ}\text{C}$ , њен проток 10 литара у минути, а специфични масени топлотни капацитет  $4.186 \text{ kJ}/(\text{kg K})$ . Коефицијент преноса топлоте по јединици површине (струјањем са воде на цев, провођењем кроз цев и струјањем са цеви на раствор соли) има константну вредност и износи  $250 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ . Колика је потребна површина размењивача топлоте (унутрашње цеви)? Смерови струјања воде и раствора соли су исти.

3. На једном уређају за индукционо електроотпорно загревање гвоздених предмета топлотне обраде дужине 120 mm и пречника 27.5 mm, са 860 навојака, извршени су огледи одређивања његових електричних карактеристика. Резултати огледа су приказани у наредној табели. Одредити максималну промену еквивалентне активне и реактивне отпорности електроиндукционог уређаја које "види" мрежа. Објаснити разлог тих промена, користећи се еквивалентном заменском шемом и квалитативним зависностима њених параметара.

$I$ (A)	4	4.95	6.27	7.6	8.73	9.95	12.8	15.5
$U$ (V)	50.2	60.2	74.5	88.4	99.4	111	137	160
$P$ (W)	52.5	84	140	216	257	377	630	880

4. Огледом кратког споја за један електрични лук одређене су вредности сопствене активне,  $R = 3\Omega$ , и реактивне,  $X = 15\Omega$ , отпорности елемената за прикључење електротермичког уређаја на "круту" мрежу назначеног напона 220 V. Вредности оточне импедансе прикључних елемената се могу занемарити. Огледом је одређено да је минимална струја лука 5 A.

Одредити вредности струје, активне снаге којом се енергија преузима из мреже, активне снаге којом се енергија претвара у топлоту у електричном луку и степена искоришћења у радној тачки у којој степен искоришћења достиже своју максималну вредност.

5. Описати експеримент којим се је у петој лабораторијској вежби илустровано ефикасније сушења дрвета применом високофреквентног диелектричног загревања у микроталасној пећи у односу на индиректно електроотпорно загревање. Како се квантификује интензитет сушења и шта је потребно подесити да би критеријум поређењ а био коректан. Скицирати промену температуре дуж узорка који се суши и објаснити разлог ефикаснијег сушења помоћу микроталаса. Објаснити узрок оваквих профила температуре.



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

30. 5. 2004.

## Први парцијални испит из предмета Електротермија

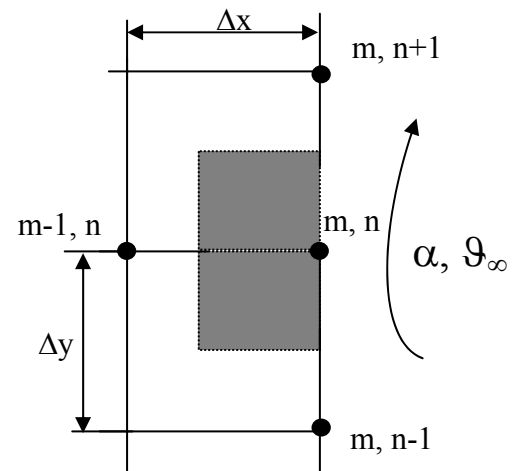
Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Термопаром се мери температура унутар пећи, чија је вредност  $1000^{\circ}\text{C}$ . Хладни крајеви су извучени на зид пећи, чија је температура  $70^{\circ}\text{C}$ . Колика би била систематска грешка у мерењу температуре ако би се хладни крајеви термопара везали бакарним проводницима на волтметарски инструмент који се налази на температури од  $20^{\circ}\text{C}$  (сматрати да је позната карактеристика термопара – зависност термоелектромоторне силе од температуре топлотг споја  $\varepsilon(\vartheta)$ )? Која су могућа решења којима се отклања наведена систематска грешка?

2. Температура једног базиса врло дугачке бакарне шипке, специфичне топлотне проводности  $\lambda = 398 \text{ W / (m K)}$  и пречника  $D = 2.5 \text{ cm}$  одржава се на температури од  $\vartheta_b = 100^{\circ}\text{C}$ . Са површи омотача шипке топлота се одводи струјањем ваздуха температуре  $\vartheta_{\infty} = 25^{\circ}\text{C}$ , при чему коефицијент преласка топлоте струјањем износи  $\alpha = 10 \text{ W / (m}^2 \text{ K)}$ . Одредити укупну снагу којом се енергија одводи са површи омотача шипке.

3. Уређај за печење боје се састоји од дугачког канала, чији попречни пресек представља једнакостранични троугао странице  $w = 1 \text{ m}$ . Једна од три правоугаоне странице канала се загревањем одржава на температури од  $T_1 = 1200 \text{ K}$ , а друга је идеално топлотно изолована од околине. Трећу правоугаону страницу сачињавају обојене плоче, чија је температура у стационарном стању  $T_2 = 500 \text{ K}$ . Емисивности површи загреване и изоловане странице износе  $\varepsilon_1 = \varepsilon_i = 0.8$ , а обојене  $\varepsilon_2 = 0.4$ . Коликом снагом по јединици дужине је у стационарном стању потребно доводити енергију површи температуре  $1200 \text{ K}$ ? Колика је у том радном режиму температура изоловане површи? Све површи зраче идеално дифузно. Занемарити пренос топлоте струјањем.

4. Извести израз за методу коначних елемената за елемент топлопроводне средине приказан на слици. При постављању израза који обухвата и временску променљивост температуре користити експлицитну методу. Познати су сви подаци о карактеристикама материјала и коефицијенту преласка топлоте струјањем са тела на околни флуид температуре  $\vartheta_{\infty}$ . Дискретизација топлопроводне средине је извршена тако да је  $\Delta x = \Delta y$ .



5. Навести карактеристике црног тела, као референтне за исказивање емисионих и апсорпционих својстава реалних површи: а) написати закон по коме се одређује површинска густина укупне снаге зрачења, б) по којој законитости се одређује спектрална расподела снаге зрачења, в) написати закон који описује просторну расподелу снаге зрачења, г) описати апсорпциона својства.

Испит траје максимално три сата



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

13. 6. 2004.

## Испит из Електротермије

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. За једну танку вертикалну плочу се врши оглед одређивања средње вредности преласка топлоте струјањем са танке плоче на околни ваздух. Плоча је конструктивно изведена као танак електроотпорни грејач, при чему је електроотпорна жица, која се налази испод изолационог слоја, равномерно распоређена по површи.

Извршена су следећа мерења: 1. Температура је измерена у по 9 тачака са једне и са друге стране плоче, при чему се може сматрати да тачке репрезентују делове плоче једнаких површи; добијене су вредности (дате по врстама – прву, другу и трећу - одозго на доле): 170, 170, 170, 190, 200, 190, 190, 200, 190, за једну страну и 190, 180, 190, 190, 190, 190, 170, 170 и 160 °C, за другу страну плоче. 2. Снага којом грејач преузима енергију из мреже при напону од 200 V је 190 W. 3. Површинска густина снаге зрачења око средишних тачака са прве стране плоче износи 0.012 W/cm<sup>2</sup>, а са друге 0.013 W/cm<sup>2</sup>. 4. Температура ваздуха у просторији 23 °C. Површина обе стране плоче износи 0.0972 m<sup>2</sup>, а отпорност веза и струјног кола ватметра 0.62 Ω. На основу резултата мерења израчунати средњу вредност коефицијента преласка топлоте.

2. Уређај за печење боје се састоји од дугачког канала, чији попречни пресек представља једнакостранични троугао странице  $w = 1$  m. Једна од три правоугаоне странице канала се загревањем одржава на температури од  $T_1 = 1200$  K, а друга је идеално топлотно изолована од околине. Трећу правоугаону страницу сачињавају обојене плоче, чија је температура у стационарном стању  $T_2 = 500$  K. Емисивности површи загреване и изоловане странице износе  $\varepsilon_1 = \varepsilon_i = 0.8$ , а обојене  $\varepsilon_2 = 0.4$ . Коликом снагом по јединици дужине је у стационарном стању потребно доводити енергију површи температуре 1200 K? Колика је у том радном режиму температура изоловане површи? Све површи зраче идеално дифузно. Занемарити пренос топлоте струјањем.

3. Нацртати блок-дијаграм класичног микропроцесорског система за регулацију температуре у електроотпорним пећима за индиректно загревање. За пројектовање дигиталног регулатора потребно је познавати преносну функцију пећи као објекта управљања. Описати поступак могућег одређивања параметара преносне функције пећи на бази снимљеног температурног одзива при константној снази загревања.

4. Конструкција, начин рада и могућности регулације уређаја за тачкасто заваривање.

5. Једна трофазна електролучна пећ капацитета 3 тоне има пећни трансформатор снаге  $S = 1.25$  MVA. Трансформатор је прикључен на трофазну дистрибутивну мрежу номиналног напона 10 kV, чија је снага кратког споја, ограничена приближно чисто индуктивном импедансом, 250 MVA. Највећи линијски напон на секундару трансформатора у празном ходу износи 225 V. Релативни напон кратког споја трансформатора, који је приближно чисто индуктиван, износи 6 %. Импеданса секундарног кола пећног трансформатора износи  $Z = (2.25 + j 0.85) \text{ m}\Omega$ . Одредити опсег варијације активне и реактивне снаге којом постројење преузима енергију из мреже, при промени еквивалентне отпорности лука у границама од - 5 % до 5 % око вредности која се има у номиналном режиму рада.

*Испит траје максимално три сата*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

Други парцијални испит из предмета  
Електротермија

13. 6. 2004.

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Објаснити начин увођења комплексне релативне пермитивности за један диелектрик код кога се електрични померај ( $D$ ), при простопериодичној промени јачине поља ( $E$ ), не мења по простопериодичном закону. При објашњењу поћи од познате хистерезисне зависности  $D(E)$ .

Написати члан који се односи на диелектрично загревање у *Poynting*-овој теореме у временском домену и у комплексном домену.

2. Нацртати блок-дијаграм класичног микропроцесорског система за регулацију температуре у електроотпорним пећима за индиректно загревање. За пројектовање дигиталног регулатора потребно је познавати преносну функцију пећи као објекта управљања. Описати поступак могућег одређивања параметара преносне функције пећи на бази снимљеног температурног одзива при константној снази загревања.

3. Нацртати шему помоћу које се монофазни индуктивни пријемник са места прикључења на трофазну дистрибутивну мрежу види као симетрични, чисто активни. Који услов треба да испуњавају елементи којима се остварује симетрирање – активни и реактивни отпор монофазног индуктивног пријемника износе  $R_p$  и  $X_p$ .

4. У производњи изолованих електричних проводника, проводник се пре нашошења електричне изолације у континуалном процесу предгрева, како би се омогућило равномерно хлађење нанете топле електричне изолације и тиме спречило њено раслојавање. То предгревање се најчешће врши помоћу електроиндукционог уређаја са магнетним колом.

Одредити број навојака и струју индуктора који се прикључује на напонски извор 220 V, 50 Hz, ако се може занемарити расипање магнетског флукса индуктора и његова отпорност, као и струја потребна за магнећење магнетског кола. Уређајем је потребно загревати бакарни проводник ( $c_{pCu} = 3.46 \cdot 10^3$  kJ/(m<sup>3</sup> K),  $\sigma_{Cu} = 56$  (S m)/mm<sup>2</sup>) пресека  $S_{Cu} = 1.5$  mm<sup>2</sup>, који се загрева од температуре амбијента, која износи 20°C, до 80°C, када се креће брзином од  $v = 1$  m/s. Дужина навојка у секундару је  $L = 2$  m. Реактанса услед расутог флукса око загреваног бакарног проводника (при 50 Hz) износи приближно 30 % активне отпорности. При израчунавању тражених величина занемарити снаге конвективног преноса топлоте са бакарног навојка на ваздух и кондуктивног преноса топлоте кроз навојак.

5. Једна трофазна електролучна пећ капацитета 3 тоне има пећни трансформатор снаге  $S = 1.25$  MVA. Трансформатор је прикључен на трофазну дистрибутивну мрежу номиналног напона 10 kV, чија је снага кратког споја, ограничена приближно чисто индуктивном импедансом, 250 MVA. Највећи линијски напон на секундару трансформатора у празном ходу износи 225 V. Релативни напон кратког споја трансформатора, који је приближно чисто индуктиван, износи 6 %. Импеданса секундарног кола пећног трансформатора износи  $Z = (2.25 + j 0.85)$  mΩ. Одредити опсег варијације активне и реактивне снаге којом постројење преузима енергију из мреже, при промени еквивалентне отпорности лука у границама од - 5 % до 5 % око вредности која се има у номиналном режиму рада.

*Испит траје максимално три сата*



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

Други парцијални испит из предмета  
Електротермија

23. 6. 2004.

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић

1. Између две паралелно постављене металне плоче, површина  $1 \text{ m}^2$ , које се налазе на међусобном растојању  $l_1 = 10^{-2} \text{ m}$ , налази се плоча од дрвета исте површине, али мање дебљине ( $l_2 = 0.8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$ ). Ова дрвена плоча има релативну диелектричну константу  $\epsilon_r = 4$  и коефицијент губитака (тангенс угла губитака)  $\text{tg } \delta = 0.4$ .

Ако се између металних плоча формира брзопроменљиво поље довођењем њихових крајева на потенцијалску разлику, доћи ће до диелектричног загревања дрвене плоче. Израчунати максималну могућу снагу загревања дрвене плоче, ако је познато да вредност јачине електричног поља у дрвету не треба да прелази вредност ( $E_{\text{преп}}$ ) која је приближно једнака половини јачине електричног поља при којој долази до пробоја ( $E_{\text{проб}}$ ), која износи од  $E_{\text{проб}} = 10 \text{ kV/cm}$  до  $E_{\text{проб}} = 70 \text{ kV/cm}$ . Јачина пробојног електричног поља у ваздуху, због присуства воде која испарава има мању вредност од вредности које се уобичајно дају за ваздух и износи  $E_{\text{проб в}} = 1 \text{ kV/cm}$ . Учестаност загревања је, због равномерности напона по површи плоче кондензатора и равномерности снаге загревања, ограничена на  $15 \text{ MHz}$ . Због контроле електромагнетних сметњи у околини, учестаност напона напајања мора бити једнака вредности из скупа  $13.56, 27.12, 40.68 \text{ MHz}$ .

2. Нацртати блок-дијаграм класичног микропроцесорског система за регулацију температуре у електроотпорним пећима за индиректно загревање. За пројектовање дигиталног регулатора потребно је познавати преносну функцију пећи као објекта управљања. Описати поступак могућег одређивања параметара преносне функције пећи на бази снимљеног температурног одзива при константној снази загревања.

3. Описати конструкцију и објаснити принципе рада уређаја за тачкасто заваривање. Како се дефинише снага овог директног електроотпорног загревања, од чега зависи и како се одређује?

4. У јединственом  $U(I)$  координатном систему представити карактеристику извора енергије, који садржи трансформатор, и карактеристику електричног лука, као елемента кола. Објаснити утицај релевантних параметара на облик кривих: за извор – утицај промене преносног односа и утицај промене еквивалентне импедансе и за лук – утицај промене дужине лука. Објаснити могуће односе ових карактеристика, и на основу њих коментарисати услове горења лука.

5. Користећи се познатим изразима за отпор намотаја индуктора ( $R_i$ ), отпор индукта - предмета топлотне обраде ( $R_s$ ), реактансу спољашњег флуksа ( $X_s$ ), као и реактансе индукта ( $X_s$ ), вазушног зазора ( $X_z$ ) и индуктора ( $X_i$ ) једног уредјаја за индукционо загревање, добијене су њихове вредности по једном навојку ( $\Omega/\text{навојку}^2$ ):

$$R_i = X_i = 6.8 \cdot 10^{-6}, R_s = 10.5 \cdot 10^{-6}, X_s = 17.6 \cdot 10^{-6}, X_s = 1864 \cdot 10^{-6} \text{ i } X_z = 109 \cdot 10^{-6}.$$

Објаснити због чега се код индукционог загревања јавља веома лош фактор снаге. Објашњење дати на основу датих вредности отпорности и реактанси, а затим објаснити физички због чега доминантни елемент заменске шеме има неповољну вредност.

**Испит из Електротермије септембар, 2004.**

1. Описати конструкцију и објаснити принципе рада уређаја за тачкасто заваривање. Како се дефинише снага овог директног електроотпорног загревања, од чега зависи и како се одређује? /1.5/

2. Температура једног термодинамичког система (топлотног капацитета  $C_S^T$ ) у стању термодинамичке равнотеже износи  $T_S$ . Ако температуру датог термодинамичког система меримо термометром (топлотног капацитета  $C_M^T$ ) који се пре почетка мерења налазио на температури  $T_M$ , одредити заједничку температуру система и термометра у новоуспостављеном стационарном стању за следећа три случаја:

а)  $C_M^T \gg C_S^T$

б)  $C_M^T \ll C_S^T$

ц)  $C_M^T = C_S^T$  /1.5/

3. Објаснити принцип рада монохроматског пирометра. Нацртати његову принципијелну шему и извести формулу за рачунање непознате температуре грејача. /2.5/

4. У производњи шпер плоча се користи диелектрично загревање на следећи начин. Између две металне плоче пресе, површине  $S=3\text{m}^2$ , постави се 6 слојева фурнира, сваки дебљине  $l_1=10^{-3}\text{m}$  и 5 слојева лепка, сваки дебљине  $l_2=10^{-4}\text{m}$ . Овако формиран сендвич се изложи притиску преко металних плоча. Металне плоче се прикључују на крајеве извора електричне енергије брзопроменљивог напона, ефективне вредности  $1000\text{V}$  и учестаности  $5\text{MHz}$ . Израчунати привидну снагу на излазу извора енергије (претварача учестаности), као и фактор снаге његовог оптерећења.

Ostali podaci:  $\epsilon_{r1}=4$ ,  $\epsilon_{r2}=5$ ,  $\text{tg}\delta_{e1}=0.4$ ,  $\text{tg}\delta_{e2}=0.5$ ,  $\epsilon_0=8.855/10^{12}\text{ F/m}$  /2.5/

5. Нацртати блок-дијаграм класичног микропроцесорског система за регулацију температуре у електроотпорним пећима за индиректно загревање. За пројектовање дигиталног регулатора потребно је познавати преносну функцију пећи као објекта управљања. Описати поступак могућег одређивања параметара преносне функције пећи на бази снимљеног температурног одзива при константној снази загревања. /2/

/ испит траје 150 минута/

# ИСПИТ ИЗ ЕЛЕКТРОТЕРМИЈЕ

октобарски рок

06.10.2004. Београд

Предметни наставник: Зоран Радаковић

1. На примеру сферне кугле (унутрашњег пречника  $d$  и спољашњег пречника  $D$ ) чија се унутрашња гранична површ налази на константној температури, а друга се хлади струјањем флуида извести израз за **Биот-ов** број. Који је општи облик **Биот-овог** броја и критеријум према коме се може сматрати да тело представља изотермичку запремину. /2/

2. Огледом кратког споја за један електрични лук одређене су вредности сопствене активне,  $R = 3\Omega$ , и реактивне,  $X = 15\Omega$ , отпорности елемената за прикључење електротермичког уређаја на "круту" мрежу назначеног напона 220 V. Вредности оточне импедансе прикључних елемената се могу занемарити. Огледом је одређено да је минимална струја лука 5 A.

Одредити вредности струје, активне снаге којом се енергија преузима из мреже, активне снаге којом се енергија претвара у топлоту у електричном луку и степена искоришћења у радној тачки у којој степен искоришћења достиже своју максималну вредност. /2.5/

3. Објаснити на који начин се оптерећење једне монофазне индукционе пећи са стране трофазне електродистрибутивне напојне мреже може "видети" као симетрично, чисто отпорно, оптерећење. /1.5/

4. Описати експеримент којим се је у петој лабораторијској вежби илустровано ефикасније сушења дрвета применом високофреквентног диелектричног загревања у микроталасној пећи у односу на индиректно електроотпорно загревање. Како се квантификује интензитет сушења и шта је потребно подесити да би критеријум поређења био коректан. Скицирати промену температуре дуж узорка који се суши и објаснити разлог ефикаснијег сушења помоћу микроталаса. Објаснити узрок оваквих профила температуре. /2.5/

5. Одредити имплицитно задат облик функционалне зависности температуре од растојања од граничне површи хомогеног равног зида. Температуре изотермичких граничних површи зида износе  $\vartheta_1, \vartheta_2 > 0$ . Термичка проводност зида дебљине  $d$  износи  $\lambda = \lambda_0(1 + b/\vartheta), \vartheta \neq 0$ . /1.5/

/испит траје 150 минута/



# ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Катедра за енергетске претвараче и погоне

## Испит из предмета Електротермија

Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић, Апсолвентски испитни рок, одржан 27. 11. 2004.

1. Полазећи од *Planck*-овог закона зрачења сивог тела, извести израз за температуру сивог тела која се мери монохроматским пирометром, чији је филтер предвиђен за таласну дужину од  $\lambda_0 = 0.7 \text{ nm}$  (константа  $C_2$  у изразу за *Planck*-ов закон има вредност  $C_2 = 1.44 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$ )./1.5/

2. У јединственом  $U(I)$  координатном систему представити карактеристику извора енергије, који садржи трансформатор, и карактеристику електричног лука, као елемента кола. Објаснити утицај релевантних параметара на облик кривих: за извор – утицај промене преносног односа и утицај промене еквивалентне импедансе и за лук – утицај промене дужине лука. Објаснити могуће односе ових карактеристика, и на основу њих коментарисати услове горења лука./2/

3. Посматрајмо један ваљак, познатих димензија и топлотних особина, чије се чеоне стране у једном тренутку излажу дејству топлог ваздуха који принудно струји, надтемпература  $\theta_1$  и  $\theta_2$ . Познати су коефицијенти преласка топлоте струјањем  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Представити овај ваљак електричним аналогним моделом за проучавање топлотних процеса на њему у следећа два случаја:

а) ваљак је по свом омотачу идеално топлотно изолован од околине,/1/

б) ваљак размењује топлоту са околином и преко свог омотача./1.5/

Напомене: Температура ваљка у тренутку започињања струјања ваздуха износи  $0^\circ\text{C}$ . Ваљак поделити на 5 једнаких делова.

4. Објаснити на који начин се оптерећење једне монофазне индукционе пећи са стране трофазне електродистрибутивне напојне мреже може "видети" као симетрично, чисто отпорно, оптерећење. /1.5/

5. Челични ваљак се загрева у индукционом уређају. Димензије ваљка су  $l_w=50\text{mm}$ ,  $d_w=25\text{mm}$ , а специфична отпорност челика  $\rho_w=0.4\mu\Omega\text{m}$  (релативна магнетна пермеабилност  $\mu_r=200$ ). Индукторски намотај има унутрашњи пречник  $d_c=30\text{mm}$ , а направљен је од 4 намотаја бакарне жице квадратног пресека странице  $a=10\text{mm}$  ( $\rho_{cu}=0.02\mu\Omega\text{m}$ ). Уређај је прикључен на фреквентни претварач  $450 \text{ kHz}$ . За случај да кроз намотаје индукционог уређаја тече струја од  $500\text{A}$ ., одредити степен искоришћења индукционог уређаја  $\eta$ ./2.5/

*Испит траје 2.5 сата*